

03SGL0279WOP

Schott Glas

Schichtsystem

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Schichtsystem mit mindestens einer Metalloxidschicht, wobei das Metalloxid ein Titan-Aluminium-Oxid umfasst. Das Schichtsystem weist eine hohe Struktur- und Temperaturbeständigkeit auf, insbesondere bei Betriebstemperaturen von über 600°C und ist besonders für optische Beschichtungen geeignet, jedoch darauf nicht beschränkt.

15

Optische Schichtsysteme, insbesondere Wechselschichtsysteme, die aus wechselnd übereinander liegenden dünnen hoch- und niedrigbrechenden Schichten aufgebaut sind, sind seit Jahren für eine Vielzahl von Anwendungen bekannt. Sie wirken dabei als Lichtinterferenzfilm, dessen optische Eigenschaften durch die Wahl des Materials für die hoch- bzw. niedrigbrechende Schicht und damit des entsprechenden Brechungsindex, durch die Anordnung der einzelnen Schichten und durch die Wahl der einzelnen Schichtdicken bestimmt sind. Die Auswahl erfolgt im wesentlichen unter Ausnutzung bekannter optischer Designregeln und Deseignhilfsmittel nach Maßgabe der angestrebten optischen Eigenschaften und der Verarbeitbarkeit.

Als Ausgangsmaterialien zur Herstellung derartiger Beschichtungen für beispielsweise Reflektoren, Spiegel, Filter, Lampen, IRC-Brenner/Lämpchen etc. eignen sich unter
5 anderen TiO_2 und SiO_2 .

Dünne Schichten dieser Materialien werden üblicherweise mit CVD-Verfahren (CVD = Chemical Vapour Deposition), PVD-Verfahren (PVD = Physical Vapour Deposition) oder Sol-Gel-
10 Verfahren aufgebracht und zeichnen sich dadurch aus, dass sie hart und chemisch stabil sind sowie einen hohen Brechungsindexunterschied aufweisen.

In Hinblick auf eine Stabilität gegenüber hohen Temperaturen
15 sind bei Siliziumoxiden wenig Probleme zu erwarten.

Bei der Verwendung von Titanoxid als hochbrechendes Schichtmaterial treten jedoch bei hohen Betriebstemperaturen ($> 600^\circ\text{C}$), wie sie z.B. bei bestimmten Glaskeramikreflektoren
20 oder IRC-Lämpchen erreicht werden können, Probleme auf. Bei diesen hohen Temperaturen verändert sich das Titanoxid. Das ist vor allem, wie von H.Sankur und W. Gunning in J.Appl.Phys.66 (1989) ausführlich beschrieben, auf die Phasenumwandlung des im amorphen Zustand aufgetragenen TiO_2
25 zurückzuführen. Bei Temperaturen über 350°C kristallisiert TiO_2 in die anatase Phase und bei Temperaturen um 600°C in die rutil Phase. Dadurch treten Trübungen in der Beschichtung auf und ihre über ein bestimmtes optisches Design optimierten optischen Eigenschaften verschlechtern
30 sich.

In der DE 3227069 A1 wird eine für hohe Temperaturen geeignete optische Beschichtung offenbart, die aus einem

Wechselschichtsystem mit SiO_2 als niedrig brechendes Schichtmaterial und Ta_2O_5 als hoch brechendes Schichtmaterial besteht. Diese Beschichtung ist hochtemperaturbeständig und darauf ausgerichtet, den Arbeitswirkungsgrad des beschichteten Objektes, insbesondere von Halogenlampen zu verbessern.

Eine Verbesserung des Arbeitswirkungsgrades und eine höhere Temperaturbeständigkeit gegenüber dem Einsatz von TiO_2 als hochbrechende Schicht kann sicherlich erreicht werden, jedoch treten auch bei der Verwendung von Ta_2O_5 im Hochtemperaturbereich erhebliche Trübungen der Schichten auf, so dass diese Beschichtungen für viele Anwendungsgebiete nicht geeignet sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Beschichtung anzugeben, die bei hohen Betriebstemperaturen im wesentlichen strukturstabil ist und trübungsarm bzw. trübungsfrei bleibt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Schichtsystem gemäß den Ansprüchen 1 bis 24 gelöst.

Das erfindungsgemäße Schichtsystem weist zumindest eine Schicht aus einem Metalloxid auf, welches Titan-Aluminium-Oxid umfasst. Die einzelnen Schichten des Schichtsystems, die beispielsweise zur Erstellung eines bestimmten optischen Designs des Schichtsystems erforderlich sind, werden im weiteren Funktionsschichten genannt.

Funktionsschichten aus Titan-Aluminium-Oxid weisen gegenüber den bekannten Funktionsschichten aus Metalloxiden eine wesentlich höhere Temperatur- und Strukturstabilität auf.

Da eine Titan-Aluminium-Oxid umfassende Funktionsschicht von sich aus schon eine hohe Temperaturbeständigkeit gewährleistet, leistet eine zusätzliche Unterbrechung mit einer Zwischenschicht aus einem anderen Metalloxid insofern einen Beitrag zur Erfüllung der Aufgabe, als dass diese zusätzlich stabilisiert werden können, hauptsächlich jedoch die mechanischen und optischen Eigenschaften von Titan-Aluminium-Oxid umfassenden Funktionsschichten weiter verbessern. Um optisch unerwünschte Einflüsse der Zwischenschicht zu vermeiden, ist entweder die Dicke oder die Brechzahl der Zwischenschicht so zu wählen, dass diese optisch nicht wirksam wird. Derartige Schichten weisen zu ihrer erhöhten Temperaturbeständigkeit beispielsweise auch eine erhöhte Brillanz, eine Verbesserung von angestrebten optischen Kennwerten wie beispielsweise Reflexions- bzw. Transmissionsvermögen sowie eine erhöhte Kratzfestigkeit auf.

Ein weiteres erfindungsgemäßes Schichtsystem besteht ebenfalls zumindest aus einer Funktionsschicht aus einem Metalloxid, bei welchem zumindest eine Titan-Aluminium-Oxid umfassende Zwischenschicht zumindest eine Funktionsschicht aus einem von der Zwischenschicht verschiedenen Metalloxid unterbricht. Dabei ist entweder die Dicke oder die Brechzahl der Zwischenschicht so zu wählen, dass diese optisch nicht wirksam wird.

Mit einer Unterbrechung der Morphologie von Funktionsschichten aus Metalloxiden mittels Zwischenschichten, die Titan-Aluminium-Oxid umfassen, ist es ebenfalls möglich, die angestrebte Temperatur- und Strukturstabilität von Funktionsschichten aus Metalloxiden zu erzielen. Des weiteren können durch die Unterbrechung mit

diesen Zwischenschichten die mechanischen und optischen Eigenschaften der Funktionsschichten aus einem Metalloxid wesentlich verbessert werden. Damit bietet sich ein breites Anwendungsfeld erfindungsgemäßer Schichtsysteme.

5

Sinnvoll ist eine Unterbrechung von Funktionsschichten derart, dass Teilschichten entstehen, die bei hohen Temperaturbelastungen keine Strukturveränderungen zeigen. So zeigen beispielsweise amorphe Funktionsschichten aus Metalloxiden, deren einzelne Teilschichten unterhalb einer Dicke von 50 nm bleiben, kein Kristallisationsverhalten unter Einwirkung hoher Temperaturen.

10

Ein besonderer Effekt der Erfindung ist die Einstellbarkeit des Brechungsindex der Titan-Aluminium-Oxid umfassenden Schicht über die Einstellung des Mengenverhältnisses von Aluminium zu Titan. Die Brechzahl n kann in einem Bereich von $1,55 \leq n \leq 2,50$ variiert werden. Mit der Erhöhung des Aluminiumgehaltes verringert sich die Brechzahl n der Schicht. Dabei erreicht man bereits mit geringen Mengenteilen von Aluminium (Al : Ti beispielsweise ca. 1 : 3,84; mit $n = 2,34$) eine deutliche Verbesserung der Strukturstabilität und Temperaturbeständigkeit einer Funktionsschicht. Das macht den Einsatz dieser Schichten sehr flexibel.

20

25

Besonders vorteilhaft lässt sich die Einstellbarkeit des Brechungsindex der Titan-Aluminium-Oxid umfassenden Schicht für die Anpassung des Brechungsindex der Funktionsschicht an den der Zwischenschicht bzw. umgekehrt nutzen. Somit können Funktionsschichten aus Metalloxiden mit einem Brechungsindex n im Bereich von $1,55 \leq n \leq 2,50$ (beispielsweise aus Zirkonoxid bzw. stabilisiertem Zirkonoxid, dass durch Zugabe

30

eines Stabilisatormaterials wie bsp. Yttriumoxid etc. stabilisiert wurde, mit n ca. 2,1) mit einer Zwischenschicht aus Titan-Aluminium-Oxid unterbrochen werden, ohne optisch dadurch beeinflusst zu werden. In diesem Fall müssen die
5 Zwischenschichten nicht mehr die geringen Dicken haben, wie Zwischenschichten mit abweichendem Brechungsindex, die unterhalb einer Dicke bleiben müssen, bei der sie optisch wirksam werden können. Analoges gilt für die Unterbrechung von Titan-Aluminium-Oxid Funktionsschichten durch
10 Zwischenschichten aus einem Metalloxid.

Die erfindungsgemäßen Schichtsysteme können sowohl aus einer einzelnen Funktionsschicht als auch als Schichtsystem mit mehreren Funktionsschichten, vorzugsweise aus einem
15 Wechselschichtsystem aus hoch- und niedrigbrechenden Funktionsschichten bestehen.

Dabei sind Wechselschichtsysteme mit Titan-Aluminium-Oxid umfassenden Funktionsschichten als hochbrechende
20 Funktionsschichten ebenso möglich wie auch durch Zwischenschichten unterbrochene Titan-Aluminium-Oxid Funktionsschichten oder teilweise durch Titan-Aluminium-Oxid Zwischenschichten unterbrochene Funktionsschichten aus hochbrechenden Metalloxiden.

25 Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schichtsysteme als Wechselschichtsystem aus hoch- und niedrigbrechenden Funktionsschichten, umfasst die hochbrechende Funktionsschicht ein Titan-Aluminium-Oxid. Sie
30 besteht vorzugsweise aus $Ti_xAl_{1-x}O_y$ mit $0 < x < 1$, vorzugsweise mit $0,3 < x < 1$, besonders vorteilhaft mit $0,5 < x < 1$. Je geringer der Anteil an Aluminium ist, desto höher wird der Brechungsindex der Funktionsschicht. Die

niedrigbrechende Funktionsschicht umfasst dann ein Siliziumoxid, vorzugsweise Siliziumdioxid. Siliziumdioxid ist ebenfalls hochtemperaturbeständig und weist im Verhältnis zum Titan-Aluminium-Oxid einen niedrigen Brechungsindex auf.

5

In Hinblick auf das optische Design ist ein bestimmter Schichtaufbau bezüglich der Abfolge und Dicke der Funktionsschichten vorgegeben. Die entsprechenden optischen Schichtdicken $n \cdot d$ liegen in der Größenordnung von $\lambda/4$ (n = Brechungsindex der Schicht; λ = Designwellenlänge) bzw. darunter. Die Werte der Schichtdicken d_f der Funktionsschichten für Anwendungen des erfindungsgemäßen Schichtsystems im nahen IR und sichtbaren Bereich betragen dann vorzugsweise $5 \text{ nm} \leq d_f \leq 200 \text{ nm}$. Derartige Schichtsysteme für optische Anwendungen sind für den Einsatz in Hochtemperaturbereichen, d.h. bei Betriebstemperaturen oberhalb von 600°C , gut geeignet.

Werden die hochbrechenden Funktionsschichten außerdem durch niedrigbrechende Zwischenschichten unterbrochen und umgekehrt, ist es insbesondere bei optischen Schichtsystemen von Bedeutung, dass die die Funktionsschichten unterbrechenden Zwischenschichten unter einer Dicke bleiben, bei der sie optisch wirksam im Gesamtschichtsystem werden könnten. Sinnvolle Dicken d_z der Zwischenschichten liegen dann im Bereich von $0,3 \text{ nm} \leq d_z \leq 10 \text{ nm}$, vorzugsweise im Bereich von $0,5 \text{ nm} \leq d_z \leq 4,0 \text{ nm}$ und besonders geeignet im Bereich von $1,0 \text{ nm} \leq d_z \leq 2,5 \text{ nm}$. Der Einsatz und die Anzahl der Zwischenschichten sollte vorzugsweise so gewählt werden, dass die Dicke d_r der aus der Funktionsschicht entstehenden Teilschichten etwa $20 \text{ nm} \leq d_r \leq 250 \text{ nm}$ beträgt. Somit liegen sinnvolle Schichtdicke von zu unterbrechenden Funktionsschichten bei $d_r \geq 40 \text{ nm}$.

Dabei ist es besonders für den verfahrenstechnischen Ablauf optimal, wenn in einem Wechselschichtsystem aus hoch- und niedrigbrechenden Funktionsschichten, die hochbrechenden Funktionsschichten von Zwischenschichten aus dem niedrigbrechenden Schichtmaterial unterbrochen werden. Weiter besteht die Möglichkeit, dass die niedrigbrechenden Funktionsschichten von Zwischenschichten aus dem hochbrechenden Schichtmaterial unterbrochen werden. Dabei ist es nicht zwangsläufig erforderlich, jede Funktionsschicht zu unterbrechen.

Wesentlich für die Zwischenschicht ist jedoch nicht, dass sie einen anderen Brechungsindex als die Funktionsschicht aufweist, sondern dass sie geeignet ist, die Strukturbildung in der Funktionsschicht zu beeinflussen, so dass hohe Temperaturen keine Verschlechterung der optischen Eigenschaften der Beschichtung bewirken können. Es ist also ebenso möglich, dass hochbrechende Funktionsschichten beispielsweise aus Titan-Oxid durch hochbrechende Zwischenschichten aus Titan-Aluminium-Oxid unterbrochen werden.

Für die Herstellung der erfindungsgemäßen Schichtsysteme eignen sich in vorteilhafter Weise chemische Gasphasen-Abscheidungsverfahren, vorzugsweise plasma-unterstützt, insbesondere das PICVD-Verfahren (PICVD = Plasma-Impulse-Chemical-Vapour-Deposition).

Mit diesen Verfahren gelingt eine gleichmäßige und genaue Herstellung von Schichten, und es ist für industrielle Beschichtungsprozesse gut geeignet. Des weiteren kann das Verhältnis von Aluminiumgehalt zu Titangehalt mit diesem

Verfahren besonders einfach gesteuert werden.

Ebenso eignen sich in vorteilhafter Weise Sol-Gel-Verfahren für eine industrielle Herstellung der Beschichtung.

5

Prinzipiell besteht aber auch die Möglichkeit, das erfindungsgemäße Schichtsystem mit PVD-Verfahren (PVD = Physical Vapour Deposition) wie zum Beispiel mit Aufdampfen, Sputtern oder anderen Verfahren herzustellen.

10

Die Substratmaterialien können sehr vielfältig sein und hängen im wesentlichen vom Einsatzgebiet des beschichteten Gegenstandes ab. Für den Einsatz im Hochtemperaturbereich ist auf die damit verbundene Temperaturbelastung abzustellen. Als Substratmaterialien kommen sowohl Metalle, Glas und Glaskeramiken als auch Kunststoffe in Frage.

15

Erfindungsgemäß finden die Schichtsysteme für die Beschichtung von Reflektoren, insbesondere für die Beschichtung von Glaskeramikreflektoren Verwendung. Mit diesen Beschichtungen können auch bei langer und extremer Temperaturbelastung hervorragende optische und mechanische Eigenschaften der Reflektoren durch die Struktur- und Temperaturstabilität der Beschichtung erreicht werden.

25

Weiterhin finden die Schichtsysteme erfindungsgemäß für die Beschichtung von Beleuchtungskörpern, insbesondere von IRC-Lämpchen/Brennern Verwendung. Auch hier können mit diesen Beschichtungen bei langer und extremer Temperaturbelastung hervorragende optische und mechanische Eigenschaften der Beleuchtungskörper durch die Struktur- und Temperaturstabilität der Beschichtung erreicht werden.

30

Die Erfindung soll nachfolgend an Hand der
5 Ausführungsbeispiele und Figuren näher erläutert werden.

Es zeigen:

- 10 Fig.1: ein erfindungsgemäßes Schichtsystem für eine Reflektorbeschichtung
- Fig.2: das Reflexionsverhalten des Reflektors bei Temperaturen von 450°C, 650°C und 750°C
- 15 Fig.3: die Diffraktogramme von Titan-Aluminium-Oxid-Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindizes nach Temperungen bei 650°C und 850°C
- 20 Fig.4: eine tabellarische Übersicht der Mengenverhältnisse Al:Ti zu den in Fig. 3 dargestellten Diffraktogrammen von Titan-Aluminium-Oxid-Schichten

In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßes optisches Schichtsystem
25 für einen Reflektor gezeigt. Der Reflektor weist eine hohe Reflexion im Wellenlängenbereich für sichtbares Licht auf und ist deshalb für Beleuchtungszwecke gut geeignet. Durch seine hohe Transmission im nahen IR und einer daraus resultierenden geringen Wärmereflexion ist er besonders geeignet für
30 temperaturintensive Beleuchtungen und kann beispielsweise in digitalen Projektoren eingesetzt werden.

Das Schichtsystem ist ein Wechselschichtsystem und besteht aus 43 Funktionsschichten. Dabei ist die niedrigbrechende Funktionsschicht aus SiO_2 und die hochbrechende Funktionsschicht aus $\text{Ti}_x\text{Al}_{1-x}\text{O}_y$.

5

Das Mengenverhältnis von Aluminium zu Titan beträgt $\text{Al}:\text{Ti} = 1:2,09$. Bei diesem Mengenverhältnis hat die $\text{Ti}_x\text{Al}_{1-x}\text{O}_y$ -Schicht einen Brechungsindex $n = 2,26$. Die genaue Anordnung und die einzelnen Schichtdicken sind der Tabelle in Figur 1 zu entnehmen.

10

Die einzelnen Funktionsschichten wurden mittels PICVD-Verfahren hergestellt. Mit diesem Verfahren gelingt es dem Fachmann, den Aluminiumgehalt auf gebräuchliche Weise zu steuern, so dass der Brechungsindex der Titan-Aluminium-Oxid-Schicht gezielt eingestellt werden konnte.

15

Derart hergestellte Reflektoren wurden anschließend Temperaturbelastungen von 450°C , 650°C und 750°C ausgesetzt. Die Reflektoren zeigten nach diesen Temperaturbelastungen keinerlei Trübungen.

20

Figur 2 zeigt das Reflexionsverhalten der Reflektoren unter den vor genannten verschiedenen Temperaturbelastungen. Auch bei der Untersuchung des Reflexionsverhaltens der erfindungsgemäßen Reflektorbeschichtung konnte gezeigt werden, dass die hohen Betriebstemperaturen sich kaum merklich auf das Reflexionsverhalten auswirken, vor allem im gewünschten Wellenlängenbereich von $370\text{ nm} < \lambda < 800\text{ nm}$ bleibt das Reflexionsverhalten der Reflektoren stabil. Gleichzeitig bleibt die hohe Transmission der Reflektoren im nahen IR erhalten.

30

Der beispielhaft beschriebene Reflektor mit einer erfindungsgemäßen struktur- und temperaturstabilen Beschichtung kann in digitalen Projektoren eingesetzt werden, ist aber auch für Beleuchtungszwecke in Hoch- und Niedervolttechnik, beispielsweise für den Einsatz in der Halogen-Beleuchtungstechnik geeignet.

Des weiteren wurden die Eigenschaften einer erfindungsgemäßen Einzelschicht untersucht.

Dazu wurden Substrate aus Quarzglas mittels PICVD-Verfahren mit jeweils einer $\text{Ti}_x\text{Al}_{1-x}\text{O}_y$ -Einzelschichten ($0 < x < 1$) mit einer Schichtdicke von 500 nm beschichtet.

Zur Variation des Brechungsindex zwischen den minimal und maximal möglichen Werten von $1,55 \leq n \leq 2,50$ wurden unterschiedliche Mengenanteile von Aluminium und Titan im Beschichtungsprozess eingestellt. Die sich in den Schichten einstellenden Verhältnisse wurden mittels EDX vermessen. Aus den gemessenen Anteilen in at% ist das jeweilige Mengenverhältnis bestimmbar. Die einzelnen Werte für die Mengenanteile in at% Titan und Aluminium, das zugehörige Mengenverhältnis von Ti:Al sowie die entsprechenden Brechzahlen sind der Übersicht in Figur 4 zu entnehmen.

Mit der Steigerung des Aluminiumgehaltes wird die Brechzahl n der Schicht verringert.

Anschließend wurden die beschichteten Substrate für 1 Stunde einer Temperaturbelastung von 650°C bzw. 850°C ausgesetzt. Die in Figur 3 dargestellten Röntgenuntersuchungen der einzelnen Proben nach der Temperung mit 650°C bzw. mit 850°C zeigen, dass lediglich die jeweils aluminiumärmste Schicht

mit $n = 2,34$ Ansätze für die Ausbildung der Anatas-Phase zeigt. Es reichen jedoch schon geringe Mengen von Aluminium aus, um eine Kristallbildung bei Hochtemperaturbelastungen zu verhindern. Im Vergleich zu reinem Titandioxid wird sowohl
5 die Kristallisation einer amorphen Schicht in Anatas bei niedrigen Temperaturen als auch die Umkristallisation in die Rutil-Phase bei Temperaturen oberhalb 600°C unterbunden. Alle untersuchten Schichten zeigten keinerlei Trübungserscheinungen.

10 Damit können auch mit einer erfindungsgemäßen einzelnen Funktionsschicht beschichtete Substrate für unterschiedlichste Anwendungen, vorzugsweise im Hochtemperaturbereich eingesetzt werden, da sie auch unter
15 extremen Temperaturbelastungen von mehr als 600°C strukturstabil bleiben und keine Trübungen aufweisen.

Ein weiteres mögliches Anwendungsbeispiel stellt die Verwendung eines erfindungsgemäßen Schichtsystems auf IRC-
20 Lämpchen/Brennern dar. Das Schichtsystem besteht dabei aus einem Wechselschichtsystem aus hoch- und niedrigbrechenden Funktionsschichten. Typischerweise bestehen diese Interferenzschichtsysteme aus mehr als 30 Funktionsschichten.

25 Die Designs von Wechselschichtsystemen für derartige Lämpchen bzw. Brenner sind hinlänglich bekannt. Sie sind derart ausgebildet, dass das von der Lampe im sichtbaren Wellenlängenbereich erzeugte Licht transmittiert wird und die gleichzeitig erzeugte IR-Strahlung in den lichterzeugenden
30 Körper reflektiert wird (IRC-System = Infrared-reflective coating).

Die reflektierte Strahlung stellt einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der Betriebstemperatur des Leuchtkörpers dar. Dabei kann die Temperatur des Lampenkolbens bzw. Brenners unter Umständen mehr als 1000°C betragen.

5

Die thermische Belastbarkeit bekannter Wechselschichtsysteme lag bisher bei etwa 600°C, was vor allem auf die ungenügende Temperaturstabilität der hochbrechenden Schicht zurückzuführen war.

10

Mit dem Einsatz von geeigneten hochbrechenden Funktionsschichten aus Aluminium-Titan-Oxid und/oder von Metalloxid-Funktionsschichten mit unterbrechenden Zwischenschichten in der Beschichtung kann die

15

Temperaturstabilität der IRC-Lämpchen/Brenner deutlich über 600°C gesteigert werden.

5 Patentansprüche

1. Schichtsystem mit mindestens einer Funktionsschicht aus einem Metalloxid, dadurch gekennzeichnet,
10 dass zumindest eine Funktionsschicht aus einem Metalloxid Titan-Aluminium-Oxid umfasst.
2. Schichtsystem nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet,
15 dass zumindest eine Titan-Aluminium-Oxid umfassende Funktionsschicht mindestens eine sie unterbrechende Zwischenschicht aus einem von der Funktionsschicht verschiedenen Metalloxid aufweist, wobei die Zwischenschicht optisch nicht wirksam ist.
- 20 3. Schichtsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht unter einer Dicke bleibt, bei der sie optisch wirksam werden kann.
- 25 4. Schichtsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke d_z der Zwischenschichten 0,3 bis 10 nm, vorzugsweise 0,5 bis 4 nm, besonders bevorzugt 1,0 bis 2,5 nm beträgt.
- 30 5. Schichtsystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht Siliziumoxid umfasst.

6. Schichtsystem nach Anspruch 2, durch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht die gleiche Brechzahl aufweist wie die Titan-Aluminium-Oxid umfassende Funktionsschicht, so dass die Zwischenschicht optisch nicht wirksam werden kann.
7. Schichtsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht Zirkonoxid umfasst.
8. Schichtsystem mit mindestens einer Funktionsschicht aus einem Metalloxid, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Titan-Aluminium-Oxid umfassende Zwischenschicht zumindest eine Funktionsschicht aus einem von der Zwischenschicht verschiedenen Metalloxid unterbricht, wobei die Zwischenschicht optisch nicht wirksam ist.
9. Schichtsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Titan-Aluminium-Oxid umfassende Zwischenschicht unter einer Dicke bleibt, bei der sie optisch wirksam werden kann.
10. Schichtsystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke d_z der Zwischenschichten 0,3 bis 10 nm, vorzugsweise 0,5 bis 4 nm, besonders bevorzugt 1,0 bis 2,5 nm beträgt.
11. Schichtsystem nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht Siliziumoxid umfasst.
12. Schichtsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht die gleiche Brechzahl aufweist wie die Titan-Aluminium-Oxid umfassende Zwischenschicht,

so dass die Zwischenschicht optisch nicht wirksam werden kann.

5 13. Schichtsystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht Zirkonoxid umfasst.

14. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die ein Titan-Aluminium-Oxid umfassende Schicht aus $Ti_xAl_{1-x}O_y$ mit $0 < x < 1$ besteht.

10 15. Schichtsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Brechzahl n der Titan-Aluminium-Oxid umfassenden Schicht über das Mengenverhältnis Titan zu Aluminium mit $1,55 \leq n \leq 2,50$ einstellbar ist.

15 16. Schichtsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem aus mehreren Funktionsschichten, vorzugsweise aus einem Wechselschichtsystem mit hoch- und niedrigbrechenden Funktionsschichten aus Metalloxiden besteht.

20 17. Schichtsystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die hochbrechenden Funktionsschichten Titan-Aluminium-Oxid umfassen.

25 18. Schichtsystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die niedrigbrechenden Funktionsschichten Siliziumoxid umfassen.

30 19. Schichtsystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass hochbrechende Titan-Aluminium-Oxid umfassende Funktionsschichten durch niedrigbrechende Siliziumoxid umfassende Zwischenschichten und/oder niedrigbrechende

Siliziumoxid umfassende Funktionsschichten durch hochbrechende Titan-Aluminium-Oxid umfassende Zwischenschichten unterbrochen werden.

- 5 20. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten mittels chemischer Gasphasen-Abscheidungsverfahren, vorzugsweise plasma-unterstützt, insbesondere mittels gepulsten plasma-unterstützten CVD-Verfahren hergestellt sind.
- 10 21. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten mittels PVD-Verfahren hergestellt sind.
- 15 22. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten mittels Sol-Gel-Verfahren hergestellt sind.
- 20 23. Beleuchtungskörpern, gekennzeichnet durch eine Beschichtung mit einem Schichtsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22.
- 25 24. Beleuchtungskörper nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass dieser ein IRC-Lämpchen oder IRC-Brenner ist.
- 25 25. Reflektor, gekennzeichnet durch eine Beschichtung mit einem Schichtsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22.
- 30 26. Reflektor nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass dieser ein Glaskeramik-Reflektor ist.

5

Zusammenfassung

10

Die Erfindung betrifft Schichtsysteme mit mindestens einer, Titan-Aluminium-Oxid umfassenden Schicht. Die Titan-Aluminium-Oxid umfassende Schicht kann sowohl eine Funktionsschicht sein - mit oder ohne Unterbrechung durch eine Zwischenschicht, die optisch nicht wirksam ist - als auch eine Funktionsschicht aus einem Metalloxid sein, die durch eine Titan-Aluminium-Oxid umfassende Zwischenschicht unterbrochen wird.

15

Die Schichtsysteme sind struktur- und temperaturstabil bei Betriebstemperaturen oberhalb von 600°C. Die Schichtsysteme können sowohl aus nur einer Funktionsschicht bestehen als auch ein Mehrschichtensystem, vorzugsweise ein Wechselschichtsystem aus hoch- und niedrigbrechenden Funktionsschichten sein.

20

Material	Schichtdicke (nm)
SiO ₂	30.00
Al-TiO ₂	113.94
SiO ₂	29.78
Al-TiO ₂	108.85
SiO ₂	130.32
Al-TiO ₂	94.38
SiO ₂	102.40
Al-TiO ₂	96.95
SiO ₂	125.72
Al-TiO ₂	96.46
SiO ₂	129.53
Al-TiO ₂	80.73
SiO ₂	127.15
Al-TiO ₂	89.51
SiO ₂	118.31
Al-TiO ₂	88.22
SiO ₂	99.11
Al-TiO ₂	60.17
SiO ₂	52.51
Al-TiO ₂	91.40
SiO ₂	105.32
Al-TiO ₂	64.94
SiO ₂	119.08
Al-TiO ₂	70.22
SiO ₂	77.60
Al-TiO ₂	58.46
SiO ₂	97.38
Al-TiO ₂	78.59
SiO ₂	107.96
Al-TiO ₂	57.55
SiO ₂	61.97
Al-TiO ₂	42.35
SiO ₂	94.20
Al-TiO ₂	52.25
SiO ₂	68.78
Al-TiO ₂	47.56
SiO ₂	89.22
Al-TiO ₂	54.35
SiO ₂	64.90
Al-TiO ₂	40.70
SiO ₂	88.57
Al-TiO ₂	46.89
SiO ₂	77.06

Fig. 1 Reflektorbeschichtung

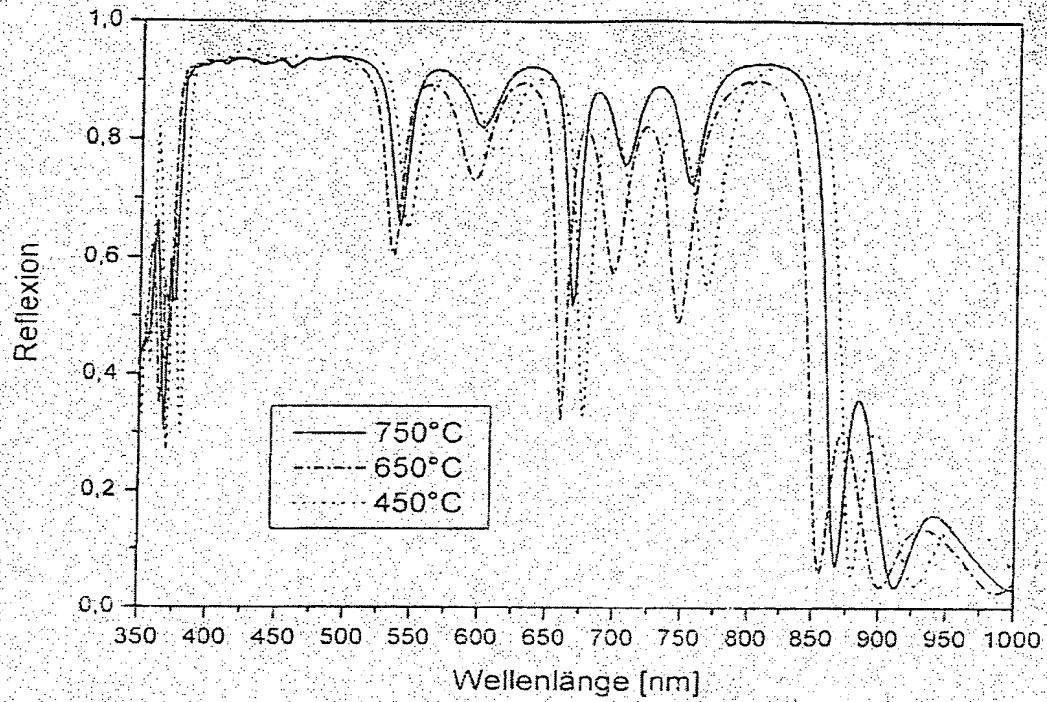


Fig. 2 Reflexionsverhalten des Reflektors

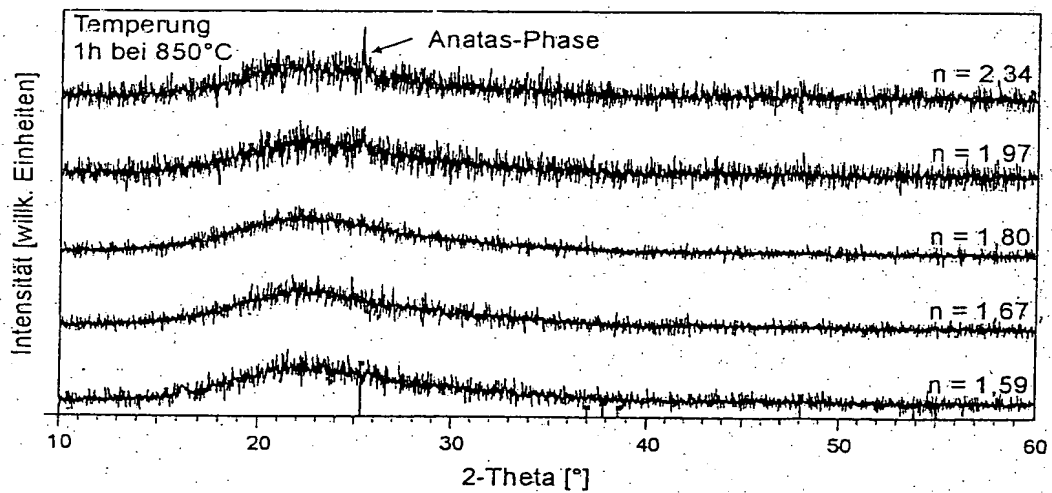
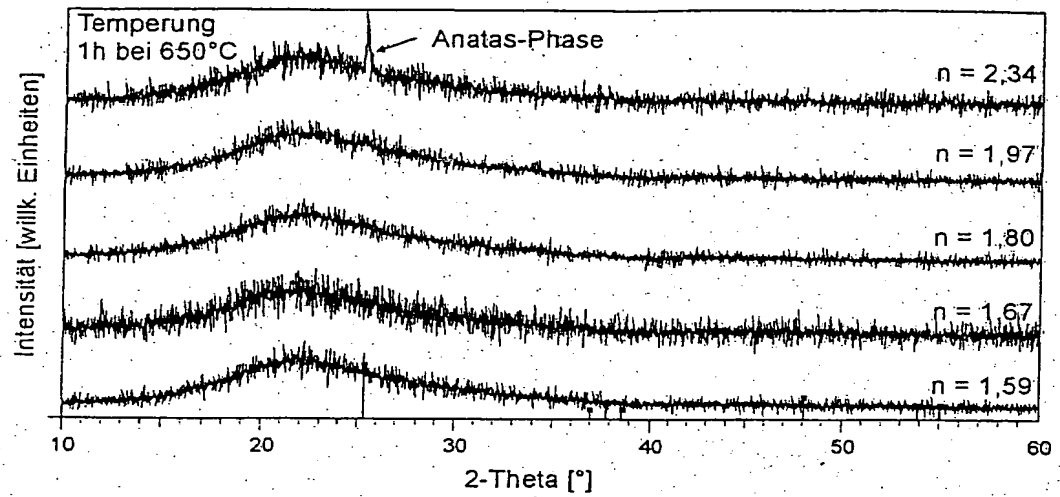


Fig. 3 Diffraktogramme von Titan-Aluminium-Oxid Schichten

Ti [Atom%]	Al [Atom%]	Ti:Al	n
3,76	0,98	3,84:1	2,34
2,83	3,98	1:1,41	1,97
2,24	6,5	1:2,9	1,8
1,85	8,95	1:4,84	1,67
0,57	13,13	1:23	1,587

Fig. 4 Übersicht zu Fig. 3